

**ANALISIS TEGANGAN, DEFLEKSI DAN PEMERIKSAAN
KEBOCORAN *FLANGE* PADA JALUR PIPA *SUCTION FEED WATER*
TAKUMA *BOILER* MILIK PT. SUPARMA MENGGUNAKAN
*SOFTWARE CAESAR II VERSI 7.00***

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan Untuk Memperoleh Gelar S-1
Pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



Disusun Oleh :

FERI KASWARI

20110130070

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA
YOGYAKARTA
2017**

**LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

**ANALISIS TEGANGAN, DEFLEKSI, DAN PEMERIKSAAN
KEBOCORAN FLANGE PADA JALUR PIPA SUCTION FEED WATER
TAKUMA BOILER MILIK PT. SUPARMA
MENGUNAKAN PERANGKAT LUNAK CAESAR II VERSI. 7.00**

Dipersiapkan dan Disusun Oleh :

Feri Kaswari
20110130070

Telah Di Pertahankan Di Depan Tim Penguji
Pada Tanggal 12 Agustus 2017

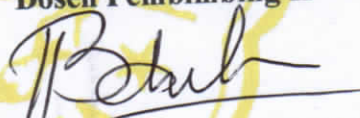
Susunan Tim Penguji :

Dosen Pembimbing I



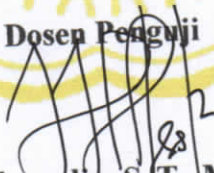
Tito Hadji Agung Santosa, S.T., M.T.
NIK.19720222200310 123 054

Dosen Pembimbing II



M. Budi Nur Rahman, S.T., M.Eng
NIK.19790523 200501 1 001

Dosen Penguji



Thoharudin, S.T., M.T.
NIK.19870410201604 123 097

Tugas Akhir Ini Telah Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk
Memperoleh Gelar S-1 Sarjana Teknik
Pada Tanggal 12 Agustus 2017

Ketua Program Studi Teknik Mesin



Novi Caroko, S.T., M.Eng
NIK.19791113200501 1 002

PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sebenar benarnya bahwa tugas akhir ini adalah hasil dari karya saya dan tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana di Perguruan Tinggi. Dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau dipublikasikan oleh orang lain, kecuali yang disebutkan sumbernya dalam naskah dan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, Agustus 2017

Feri Kaswari

PERSEMBAHAN

*Dengan Mengucap Alhamdulillah Serta Sujud Pada Allah SWT, Saya
Persembahkan Karya Ini Kepada:*

*Allah SWT
Yang Selalu Melimpahkan Nikmat, Rahmat dan Hidayah-Nya*

*Kedua Orang Tuaku Yang Selalu Memberikan Dukungan Serta Do'a
Tanpa Henti - Hentinya*

*Someone Specialku Yang Senantiasa Selalu Memberikan Perhatian dan
Dukungannya Tanpa Henti*

*Teman - Teman Fakultas Teknik Mesin Yang Telah Banyak Memberikan
Dukungan Selama Masa Kuliah "Solidarty M Forever"*

*Teman - Temanku Yang Dari Lombok Terima Kasih Atas Dukungannya
Selama Ini*

*Semua Pihak Yang Tidak Dapat Disebutkan Satu Persatu, Yang Telah
Banyak Membantu Penyusun Dalam Menyelesaikan Tugas Akhir Ini.*

KATA PENGANTAR



السَّلَامُ عَلَيْكُمْ وَرَحْمَةُ اللَّهِ وَبَرَكَاتُهُ

Puji Syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Shalawat serta salam semoga selalu tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, keluarga dan sahabatnya.

Tugas akhir ini mengambil judul “ANALISIS TEGANGAN, DEFLEKSI DAN PEMERIKSAAN KEBOCORAN FLANGE PADA JALUR SUCTION FEED WATER TAKUMA BOILER MILIK PT. SUPARMA DENGAN *SOFTWARE CAESAR II VERSI 7.0*” disusun guna memenuhi persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Dalam penyelesaian Tugas Akhir, penyusun banyak menerima bantuan, bimbingan, pengarahan dan saran – saran dari beberapa pihak. Pada kesempatan kali ini penyusun ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang selalu melimpahkan nikmat, rahmat dan hidayah-Nya.
2. Bapak Novi Caroko, S.T., M.Eng. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
3. Bapak Tito Hadji Agung Santosa, S.T., MT. selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, terimakasih atas bimbingannya dan segala pemahamannya tentang Analisis Tegangan Pipa.
4. Bapak Muhammad Budi Nur Rahman, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, terimakasih atas bimbingan, ide-ide dan masukannya.
5. Bapak Thoharudin, S.T.,M.T. selaku Dosen Penguji.

6. Seluruh Dosen Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta yang telah membagikan ilmu dan pengetahuannya.
7. Seluruh Staff TU Jurusan Teknik Mesin, TU Pengajaran, dan TU Fakultas Teknik, atas segala bantuan dan pelayanan yang baik untuk penulis, dari awal sampai akhir perkuliahan..
8. Bapak, Ibu, mbak, kakak, adik – adik dan keluarga yang selalu memberikan dukungan serta do'a tanpa henti – hentinya.
9. Rekan-rekan Fakultas Teknik Mesin yang telah banyak memberikan dukungan selama masa kuliah.
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah banyak membantu penyusun dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penyusun menyadari bahwa Tugas Akhir ini tentu masih mempunyai banyak kekurangan dan kesalahan baik isi, materi atau teknik penulisannya, dan penyusun mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak.

Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak.

وَالشُّكْرُ لِلَّهِ وَالصَّلَاةُ لِلَّهِ وَالزَّكَاةُ لِلَّهِ وَالطَّوَابُ لِلَّهِ

Yogyakarta, 12 Agustus
2017

Feri Kaswari

INTISARI

Di dunia industri penggunaan sistem perpipaan sudah sangat luas, misalkan di industri minyak, gas, pembangkit listrik tenaga uap dan lain-lain. Namun agar jaringan perpipaan berfungsi sesuai dengan apa yang kita inginkan maka perlu diperhatikan beberapa standar keamanan yang sudah ditentukan dan mampu menahan beban-beban yang bekerja, baik itu beban statik maupun dinamik. Maka dari itu sistem perpipaan yang telah didesain harus dianalisis terlebih dahulu dan dipastikan aman dalam penyaluran fluida. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan melakukan analisis tegangan, defleksi, dan pemeriksaan kebocoran *flange*.

Untuk menganalisis tegangan, defleksi dan pemeriksaan kebocoran *flange* pada pipa jalur *suction feed water takuma boiler* milik PT.SUPARMA dilakukan dengan cara memodelkan sistem perpipaan menggunakan perangkat lunak CAESAR II Versi 7.00. Dengan memasukkan beban-beban instalasi yang ada seperti beban statik dan beban dinamik. Dimana beban statik meliputi beban berat, tekanan, dan temperature, serta beban dinamik meliputi beban angin dan beban gempa. Kemudian dilakukan analisis tegangan, defleksi, dan pemeriksaan kebocoran *flange*.

Hasil analisis tegangan, defleksi, dan pemeriksaan kebocoran *flange* pada sistem instalasi pipa jalur *suction feed water takuma boiler* milik PT.SUPARMA tidak mengalami *over stress*. Tegangan terbesar terjadi pada load case 11 (OCC) dengan rasio 52,1 % di nodal 430. Defleksi maksimal pada sumbu X (Dx) di node 460 sebesar 1,1515 inch, sumbu Y (Dy) di node 459 sebesar 1,1196 inch, sumbu Z (Dz) di node 138 sebesar -0,6249 inch dan melebihi defleksi maksimal yang diizinkan sebesar 0,244 inch. Tidak terjadi kebocoran *flange* pada pipa jalur *suction feed water takuma boiler* milik PT.SUPARMA, rasio terbesar terdapat pada node 760 load case 2 (OPE) sebesar 73,06 % diantara ke 22 *flange* lainnya. Data yang didapatkan setelah modifikasi menunjukkan tidak ada *over stress* dengan rasio tegangan sebesar 57,2743 % pada load case 9 (EXP) di node 465. Nilai defleksi tidak ada lagi yang melebihi nilai defleksi yang diizinkan dengan defleksi maksimal di sumbu X (Dx) di node 478 sebesar 0,2355 inch, sumbu Y (Dy) di node 140 sebesar -0,2415 inch, sumbu Z (Dz) di node 98 sebesar -0,2435 inch. Dan pada *flange* tidak terjadi kebocoran namun mengalami sedikit kenaikan sebesar 90,12 % pada load case 760.

Kata Kunci : *software CAESAR II Versi 7.00, Sistem perpipaan, Tegangan, Defleksi, pemeriksaan kebocoran flange.*

ABSTRACT

In the industrial world the use of piping systems is very wide, such as in the oil industry, gas, steam power plants and others. The piping network will match with what we want and it needs to be addressed some predetermined security standards and able to withstand the loads that work both static and dynamic loads. So the piping system that has been designed must be analyzed first and ensured safe in the distribution of fluid. This research was conducted with the aim of doing analysis of stress, deflection, and check of flange leakage.

To analyze the stress, deflection and check of flange leakage in the pipeline of suction feed water takuma boiler owned by PT.SUPARMA. This is done by modeling the piping system using CAESAR II Version 7.00 software. By inputting the load of installation that exist such as static load and dynamic load. Static load including weight load, pressure, and temperature, dynamic load consists of wind load and seismic load. Then analyzed stress, deflection, and check of flange leakage.

Result of stress analysis, deflection, and check of flange leakage in the installation system of pipeline of suction feed water takuma boiler owned by PT.SUPARMA not experiencing over stress. The largest stress occurs in load case 11 (OCC) with a ratio of 52.1% at node 430. Maximal deflection on axis of X (Dx) at node 460 is 1.1515 inch, axis of Y (Dy) at node 459 is 1.1196 inch, axis of Z (Dz) at node 138 is -0.6249 inch And exceeds the maximum deflection which is allowed that is equal to 0.244 inch. There is no flange leak of pipeline of suction feed water takuma boiler owned by PT.SUPARMA, the largest ratio of node 760 load case 2 (OPE) is 73.06% among the 22 other flanges, it needs to be modified. And the data that obtained after modification is still not experiencing over stress with a stress ratio of 57.2443% in case load 9 (EXP) at node 465. After modifying the deflection value, nothing is greater than the allowable deflection value with maximal deflection on the axis of X (Dx) at node 478 is 0.2355 inch, the axis of Y (Dy) at node 140 is -0.22415 inch, axis of Z (Dz) in node 98 is -0.22435 inch. And on the flange does not occur leakage but have a slight increase of 90,12% at load case 760.

Keywords: software CAESAR II Version 7.00, Piping system, Stress, Deflection, check of flange leakage.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
INTISARI.....	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
NOTASI	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Batasan Masalah	2
1.5. Manfaat Penelitian.....	3
BAB II DASAR TEORI.....	4
2.1. Sistem perpipaan.....	4
2.1.1. Pipa	4
2.1.2. Material Pipa	4
2.1.3. Flange.....	7
2.1.4. Penentuan <i>Rating</i> /Kelas <i>Fitting</i> jenis <i>flange</i>	8

2.1.5. Washer	11
2.1.6. Gasket.....	11
2.1.7. Katup (<i>Valve</i>)	12
2.1.8. Mekanisme katup.....	13
2.1.9. Beberapa jenis katup yang dipakai antara lain	14
2.1.10. Penentuan <i>rating</i> /kelas katup.....	16
2.1.11. Penyangga Pipa (<i>Pipe Support</i>).....	18
2.1.12. Penyangga beban statik.....	19
2.1.13. Penyangga beban dinamik	22
2.1.14. Jenis Penyangga Pipa Lain	23
2.1.15. Simbol - simbol perpipaan.....	25
2.2. Tegangan	27
2.2.1. Tegangan normal	27
2.2.2. Tegangan Geser.....	29
2.2.3. Kode Standar Desain Pipa	32
2.2.4. Faktor-Faktor Yang Menyebabkan Tegangan Dalam Pipa.....	33
2.2.5. Tegangan Primer dan Tegangan Sekunder	35
2.2.6. Pembatasan Tegangan Kode ASME/ANSI B31.3	40
2.2.7. Pembatasan Tegangan Perpipaan Menurut <i>Caesar II</i>	41
2.2.8. Tegangan Dan Defleksi Karena Beban Bobot Mati.....	42
2.2.9. Jarak Antara <i>Support</i> Maksimum (<i>Maximum Pipe Span</i>).....	45
2.2.10. Metode analisis <i>check</i> kebocoran.....	46
2.3. Perangkat lunak (software) Caesar II versi 7.00	49
2.3.1. Kemampuan-Kemampuan CAESAR II versi 7.00	50
2.3.2. Menu Utama Pada Caesar II versi 7.00	53

2.3.3. Aplikasi khusus	56
BAB III METODOLOGI.....	64
3.1. Diagram Alir Pemodelan dan Pemeriksaan Tegangan, Defleksi, dan Kebocoran pada <i>Flange</i>	64
3.2. Persiapan Pendesainan	66
3.2.1. Penggunaan <i>software</i> dan alat bantu lainnya	66
3.2.2. <i>Standard and codes</i> yang digunakan	66
3.3. Data-data Pemodelan Desain.....	66
3.3.1. <i>3D Modeling Piping System</i> atau <i>Isometric Drawing</i>	66
3.3.2. Data Spesifikasi Material.....	70
3.4. Load Case	70
BAB IV PEMBAHASAN DAN HASIL	72
4.1. Persiapan Permodelan	72
4.1.1. Penomoran pada Gambar Isometris.....	72
4.1.2. Data Proses	75
4.1.3. Nomer Pemodelan (nodal).....	75
4.1.4. Pengaturan Unit Satuan Pada <i>Software Caesar II</i>	80
4.2. Pemodelan dengan <i>Caesar II</i>	80
4.3. Visualisasi pemodelan desain.....	81
4.4. Analisis sebelum modifikasi.....	82
4.4.1. Analisis Tegangan Pipa (<i>Stress Summary</i>)	82
4.4.2. Analisis defleksi pipa	83
4.4.3. Analisis kebocoran <i>flange</i>	83
4.5. Modifikasi Desain.....	88

4.6. Analisis setelah modifikasi.....	92
4.6.1. Analisis defleksi.....	92
4.6.2. Analisis tegangan pipa	96
4.6.3. Pengecekan kebocoran flange	93
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	96
5.1. Kesimpulan.....	96
5.2. Saran.....	96
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Table 2.1.	Material Perpipaan dan Aplikasinya (ASME B31 <i>Piping Codes</i>).....	5
Tabel 2.2.	Material perpipaan yang umum digunakan	6
Tabel 2.3.	List of material specifications (ASME B16.5)	9
Tabel 2.4.	Rating for group 1.1 material (ASME B16.5, 2-1.1).....	10
Tabel 2.5.	Pemilihan material <i>gasket</i>	12
Tabel 2.6.	Material specification list (ASME B16.34).....	17
Tabel 2.7.	Standard class (ASME B16.34).....	18
Tabel 2.8.	MSS-SP-69 <i>maksimum pipe span</i>	45
Tabel 2.9.	Koefisien <i>beta</i> pada <i>static loads and dinamic loads</i>	48
Tabel 3.1.	Data Spesifikasi Material	70
Tabel 4.1.	Rincian Data	75
Tabel 4.2.	Nomer Pemodelan	76
Tabel 4.3.	Satuan-satuan yang tersedia pada program Caesar II.....	80
Tabel 4.4.	Tegangan pipa sebelum modifikasi	82
Tabel 4.5.	Defleksi maksimum sebelum modifikasi	83
Tabel 4.6.	Data pengecekan kebocoran <i>flange</i>	85
Tabel 4.7.	Modifikasi.....	89
Tabel 4.8.	Defleksi maksimum setelah modifikasi.....	92
Tabel 4.9	Tegangan pipa setelah modifikasi	93
Tabel 4.10	Data pengecekan kebocoran flange setelah modifikasi.....	94

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Bagian-Bagian Katup	13
Gambar 2.2	<i>Gate Valve</i>	14
Gambar 2.3	<i>Globe valve</i>	14
Gambar 2.4	Katup Cek	14
Gambar 2.5	Katup Bola	15
Gambar 2.6	Katup kupu-kupu	15
Gambar 2.7	<i>Piston Valve</i>	15
Gambar 2.8	<i>Safety Valve</i> atau <i>Relief Valve</i>	16
Gambar 2.9	Penyangga pipa struktur	19
Gambar 2.10	Penyangga pipa kaki bebek	20
Gambar 2.11	Penyangga pipa <i>bracket</i>	20
Gambar 2.12	Pembaringan pipa	21
Gambar 2.13	<i>Pipe hanger</i>	21
Gambar 2.14	Penyangga pipa jenis <i>Variable Spring</i>	22
Gambar 2.15	Aplikasi penyangga pipa jenis <i>Variable Spring</i>	22
Gambar 2.16	Penyangga pipa <i>Constan Spring</i>	23
Gambar 2.17	Simbol penyangga pipa	24
Gambar 2.18	Penggambaran sistem garis ganda dan garis tunggal	25
Gambar 2.19	Simbol sambungan perpipaan	25
Gambar 2.20	Simbol perpipaan untuk sambungan <i>Butt Welded</i>	26
Gambar 2.21	Simbol perpipaan untuk sambungan <i>Socket Welded</i> dan <i>Screwed</i>	26
Gambar 2.22	Spesimen uji tarik	28
Gambar 2.23	Momen lentur	29
Gambar 2.24	Gaya geser tunggal	30
Gambar 2.25	Batang silindris dengan beban puntiran	31
Gambar 2.26	Sambungan pada Pipa	35
Gambar 2.27	Profil Beban Angin	38

Gambar 2.28	Profil Beban Gempa	39
Gambar 2.29	Tumpuan Terdistribusi Merata	43
Gambar 2.30	Tumpuan Sederhana	43
Gambar 2.31	Tumpuan Jepit	43
Gambar 2.32	Momen <i>Inplane</i> Dan <i>Outplane</i> Pada Suatu <i>Tee</i>	47
Gambar 2.33	<i>New file</i>	53
Gambar 2.34	<i>Make new unit files</i>	54
Gambar 2.35	<i>Unit files maintenance</i>	54
Gambar 2.36	<i>Input</i> pemulai pemodelan desain	55
Gambar 2.37	<i>Spreadsheet</i>	55
Gambar 2.38	<i>Bend</i> jenis <i>Elbow</i>	56
Gambar 2.39	<i>Bend</i> pada <i>Spreadsheet</i>	57
Gambar 2.40	<i>Valve</i> dan <i>flange</i> pada <i>Spreadsheet</i>	57
Gambar 2.41	Reducer pada <i>Spreadsheet</i>	58
Gambar 2.42	<i>SIF</i> atau <i>Tee</i> pada <i>Spreadsheet</i>	58
Gambar 2.43	<i>Restraint</i> pada <i>Spreadsheet</i>	59
Gambar 2.44	Load case	61
Gambar 2.45	Error cheking	62
Gambar 2.46	<i>Static Output Processor</i>	63
Gambar 2.47	<i>Static Output Reports</i>	63
Gambar 3.1	Diagram alir.....	64
Gambar 3.2	<i>3D modeling piping system</i> atau <i>isometric drawing</i>	67
Gambar 4.1	Penomoran pada gambar isometri	72
Gambar 4.2	Pemodelan dengan Caesar II	81
Gambar 4.3	<i>Pipe Lines Suction Feed Water Takuma Boiler</i>	81
Gambar 4.4	Modifikasi.....	90
Gambar 4.5	Hasil modifikasi.....	91

NOTASI

Simbol	Keterangan	Simbol	Keterangan
r	Jarak Serat Dari Sumbu	S_b	Bending Stress
	Netral	S_c	Allowable Stress Pada Suhu
g	Kostanta Gravitasi		Dingin
h	Bend Characteristic	S_h	Allowable Stress Pada Suhu
i	SIF (Stress Intensification Factor)		Panas
k	Flexibility Factor	S_t	Torsional Stress
l	Panjang	S_A	Allowable Stress Range
m	Massa	S_B	Resultant Bending Stress
r	Jari-jari	S_E	Computed Maximum Stress Range
r_i	Jari-jari Dalam	S_u	Ultimate Tensile Strength
r_o	Jari-jari Luar	T	Temperatur
r_m	Mean Radius	U	Energi, Kecepatan
t	Tebal	V	Volume
w	Lebar. Berat Beban	Y	Resultant Expansion, Yield Stress
x.y.z	Axis Koordinat	Z	Section Modulus
A	Luas Permukaan	ΔT	Perubahan Suhu
B	Kostanta Material	ΔL	Perubahan Panjang
C	Konstan, Cold Spring Factor	α	Koefisien Muai, Sudut
D_i	Diameter Dalam	δ	Defleksi
D_o	Diameter Luar	ε	Regangan Normal
E	Modulus Elastisitas Young	θ	Sudut
E_c	Modulus Elastisitas Young Pada Suhu Dingin	ν	Poisson's Ratio
E_h	Modulus Elastisitas Young Pada Suhu Panas	ρ	Densitas
F	Gaya	σ	Tegangan Normal
G	Shear Modulus	σ_t	Tegangan Normal Akibat Gaya Tarik/Tekan
I	Inersia Penampang	σ_L	Tegangan Normal Akibat Momen Lentur
I_p	Inersia Polar	$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$	Tegangan Utama
L	Panjang	τ	Tegangan Geser
M	Momen	τ_s	Tegangan Geser Akibat Gaya Geser
M_b	Bending Momen	τ_p	Tegangan Geser Akibat Momen Torsi
M_t	Torsional Momen		
N	Number of Cycle		
R	Jari-jari, Rasio		
S	Tegangan, Tegangan Lelah		